

The New Climate War: the fight to take back our planet

(La nueva guerra climática:
la lucha por recuperar nuestro planeta)

MICHAEL E. MANN, 2021

EDITORIAL: FABER AND FABER, 351 PÁGINAS, PRECIO: 16,29 €, ISBN-10: 1913348687, ISBN-13: 978-1913348687.

El autor, Michael E. Mann, es un climatólogo y actualmente profesor asociado en la Universidad Estatal de Pensilvania, especializado en paleoclima y dendroclimatología que adquirió mucha notoriedad mediática por el controvertido gráfico del "palo de hockey" que se publicó en 2001 en el tercer informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. El gráfico hace referencia a las reconstrucciones del registro de temperatura del último milenio siendo representativo de la visión general entre los paleoclimatólogos de la evolución de la temperatura con una fase relativamente plana hasta 1900 seguido por un rápido incremento de la temperatura a partir de la segunda mitad del siglo XX. El término palo de hockey fue acuñado por Jerry Mahlman, entonces director del Laboratorio Geofísico de Dinámica de Fluidos para describir el patrón observado en el gráfico. Más recientemente en 2009, y en coincidencia con la fallida Cumbre del Clima de Copenhague, el nombre de Mann también apareció unido al denominado caso *Climategate* de piratería informática con robo de correos a la Unidad de Investigación Climática de la Universidad de East Anglia (Reino Unido). Los correos hacían referencia al uso del término truco (*trick*, en inglés) sacado de contexto en la correspondencia entre científicos del clima. Un truco, tanto en español como en inglés, puede referirse a un procedimiento empleado con ánimo de engañar o bien a un método hábil para resolver un problema. Evidentemente, en la jerga científica se emplea continuamente en el segundo sentido y no en el primero que es lo que se intentó transmitir a la opinión pública para desacreditar a los científicos involucrados y a la ciencia del clima en general. Con el tiempo se aclaró el incidente, pero los científicos afectados, entre ellos Mann, sufrieron meses de linchamiento mediático.

Mann ha desarrollado, posiblemente motivado por los incidentes citados, un especial interés por conocer los mecanismos de comunicación de los que se valen ciertos sectores,

gobiernos, grupos de intereses e individuos para neutralizar las conclusiones e informaciones relativas al cambio climático – incluyendo su comprensión, sus causas y las formas de luchar contra él– procedentes de la ciencia. En este libro se explican cómo han evolucionado las estrategias de comunicación de estos grupos a medida que los datos hacían insostenibles ciertas formas de desacreditar tanto



a la ciencia establecida como a los científicos que la desarrollan. Cuando la negación de la evidencia observacional era ya imposible de mantener, se puso énfasis en la negación de las causas o al menos en sembrar dudas sobre su autenticidad. Posteriormente, se ensayó desviar el foco de las causas principales (uso masivo de combustibles fósiles), también retardar las respuestas y finalmente crear división entre los movimientos e iniciativas que proponen una acción rápida, conjunta y mantenida para combatir tanto las causas como los efectos del cambio climático. El autor describe como muchas de estas estrategias

de comunicación, más bien de desinformación, ya habían sido ensayadas para manipular a la opinión pública y a los gobiernos con otros problemas globales, como por ejemplo, el problema del tabaco, el uso indiscriminado del DDT, los residuos que pueblan tierras y mares, etc. Como dice Mann al principio del libro, para librar esta nueva guerra climática hay que conocer bien las estrategias y tácticas del enemigo para poder neutralizarlas con perspectivas de éxito. Esto implica también conocer la amplia biodiversidad de perfiles que pueblan el ecosistema de los oponentes a reconocer la gravedad del problema y enfrentarse a él desde una perspectiva científica.

Comienza el libro describiéndonos quienes son y cómo operan los arquitectos de la desinformación. Entre estos perfiles de arquitectos que se describen exhaustivamente en el libro están: los negacionistas puros (aunque están ya en vía de extinción), los que engañan, los que desvían el foco del problema, los que generan división, los que minimizan la gravedad del problema, los retardistas, los apocalípticos, los colapsistas, etc. Inicialmente la táctica, más bien burda, consistía en matar –en sentido figurado– al mensajero, desacreditando y atacando a los científicos que señalaban el problema y proponían soluciones. Este es precisamente el argumento de la famosa obra teatral "Un enemigo del pueblo" de Henrik Ibsen que narra un caso canónico de enfrentamiento entre la ciencia y los intereses de grandes corporaciones. Esta táctica fue usada contra Rachel Carson cuando advirtió de los peligros del DDT, contra el mismo Mann y otros colegas climatólogos, cuando se usaron torticeramente sus comunicaciones por correo electrónico para desacreditarlos, y contra los científicos que señalaron las causas de la lluvia ácida y la destrucción de la capa de ozono. Todos ellos sufrieron inicialmente campañas que ponían en duda su credibilidad e integridad que es el principal patrimonio de un científico.

Aunque muchos ejemplos y nombres se

refieren a personas, políticos y corporaciones estadounidenses, el modo de funcionar es fácilmente transportable a otros países e incluso puede considerarse un *modus operandi* global. Las campañas de desviación del foco de atención con frecuencia suelen apuntar a eliminar o reducir los marcos regulatorios introducidos por los gobiernos y dejar exclusivamente la acción en manos de los individuos. Se presenta en el libro el caso típico de los envases de plástico de bebidas azucaradas. Actualmente en muchos países depende exclusivamente de los consumidores depositar estos envases en los correspondientes contenedores para su posterior reciclaje. En cualquier caso, el coste de este reciclaje pasa a no ser responsabilidad de las empresas fabricantes de bebidas. En un marco regulado, la reutilización, reciclado o eliminación de los envases plásticos debería ser responsabilidad de las empresas de bebidas y ellas deberían asumir el coste del proceso. Los marcos regulatorios suelen imponer responsabilidades y trasladar costes a los fabricantes y no dejan la solución en la buena voluntad de los consumidores o de la población en general. Con las emisiones de gases de efecto invernadero, singularmente de dióxido de carbono, se intenta por parte de ciertos sectores que se convierta exclusivamente en una responsabilidad individual (p.ej., yo elijo el tipo de coche que quiero, el tipo de calefacción que me conviene o cómo es mi dieta alimenticia) sin que haya ningún marco regulatorio que dirija nuestras acciones hacia la descarbonización de la sociedad. Este marco podría ser simplemente una tasa por emitir carbono a la que se oponen muchos países o grandes corporaciones que defienden a ultranza la desregularización y la aplicación exclusiva de la acción individual. Esta tasa en definitiva sería para compensar el mayor subsidio proporcionado nunca a cualquier sector, como ha sido el privilegio de poder tirar los productos de desecho a la atmósfera sin cargo alguno y desde siempre.

También se critica en el libro las propuestas, provenientes de los sectores ligados a la inacción en materia de cambio climático, que no representan una solución real y verdadera y que son en definitiva una forma de secuestrar el progreso en materia de combatir el cambio climático. Entre estas propuestas se incluyen la utilización de términos y conceptos suaves, confusos o directamente equívocos tales como "combustibles puente", "carbón limpio", "geoingeniería", "resiliencia", etc. que transmiten la idea de acción pero que en

definitiva son promesas vanas. Todos estos conceptos se discuten exhaustivamente en el libro y se descartan como soluciones reales y plausibles, abogando por soluciones que se basen en la eficiencia energética, la electrificación de los procesos y la descarbonización de las redes mediante una colección de fuentes de energía renovables complementarias.

Una evaluación objetiva de la evidencia científica presenta un panorama ya suficientemente negativo como para motivar una acción inmediata y concertada en materia de clima. La exageración de la amenaza climática por parte de los anunciadores de catástrofes, colapsos y apocalipsis es como poco inútil y en el peor de los casos muy perjudicial para la causa climática ya que produce frustración e invita a la inacción. Menciona Mann una colección de personajes, libros e iniciativas que se mueven en esta dirección y que fundamentalmente están sirviendo para desmotivar la acción inmediata que se promueve desde el IPCC y desde el mundo de la ciencia en ge-

Una evaluación objetiva de la evidencia científica presenta un panorama ya suficientemente negativo como para motivar una acción inmediata y concertada en materia de clima

neral. Cita muy oportunamente a Franklin D. Roosevelt cuando en los tiempos difíciles en los que le tocó gobernar dijo: "la única cosa a la que tenemos que tener miedo es ... al miedo mismo, al terror sin nombre, irracional, injustificado que paraliza los esfuerzos para convertir retiradas en avances".

A pesar de los problemas y desafíos que detalla en su libro, Mann se declara cautelosamente optimista pero no con un optimismo ciego e irracional sino más bien se declara objetivamente esperanzado. Cree que la ocurrencia de eventos extremos sin precedentes en los registros y cada vez más frecuentes están mostrando muy claramente las amenazas del cambio climático. También la reciente pandemia nos ha enseñado lecciones muy importantes lecciones sobre vulnerabilidades, riesgos y respuestas concertadas basadas en los dictámenes de la ciencia. Finalmente, estamos asistiendo a un resurgir del activismo climático liderado por jóvenes en todo el mundo que se han dado cuenta de que estamos ante el mayor desafío de nuestro tiempo y en el que se está jugando con su futuro. Todas estas condiciones le llevan al

autor a suponer que estamos ante un punto crítico (*tipping point*, en inglés) para una respuesta concertada, decidida y urgente frente al cambio climático.

Termina Mann el libro con una propuesta, de lo que él denomina plan de batalla, en cuatro puntos:

i) Ignorar a los apocalípticos: la creencia errónea de que "es demasiado tarde para actuar" ha sido actualmente incorporada por los que tienen intereses en mantener el *status quo* respecto a los combustibles fósiles y quienes los defienden. Es solo otra forma de legitimar el mantenimiento de la situación actual y de continuar con nuestra dependencia de los combustibles fósiles. Hay que rechazar el pesimismo manifiesto que encontramos cada vez más en el discurso climático actual y que invita a no actuar.

ii) La generación más joven está luchando con uñas y dientes para salvar su planeta, y tiene una autoridad moral y una claridad en sus mensajes que sólo los oídos más perti-

naces pueden dejar de escuchar. Hay que aprender de sus métodos y su idealismo.

iii) Educar, Educar, Educar: La mayoría de los que niegan el cambio climático son absolutamente inamovibles. Ven el cambio climático a través del prisma de la ideología y son impermeables a los hechos. No hay que perder el tiempo y las fuerzas tratando de convencerlos. Sin embargo, hay muchas personas honestas y confundidas que están atrapadas en el fuego cruzado, víctimas de la campaña de desinformación sobre el cambio climático. A estos debemos ayudarlos y entonces estarán en condiciones de participar en la batalla.

iv) Se requiere un cambio sistémico: la maquinaria de desinformación de aquellos con intereses en los combustibles fósiles quiere centrarse en las decisiones individuales en lugar de considerar cambios sistémicos con una perspectiva más amplia. Se necesitan políticas que incentiven los cambios necesarios desde una economía basada en la quema de combustibles fósiles hacia una economía global, limpia y verde.

The Primacy of Doubt: from climate change to quantum physics, how the science of uncertainty can help predict and understand our chaotic world

(La primacía de la duda: de la mecánica cuántica al cambio climático. Cómo la ciencia de la incertidumbre puede ayudarnos a entender nuestro mundo caótico)

TIM PALMER, 2022

EDITORIAL: BASIC BOOKS, 297 PÁGINAS, PRECIO: 24,61 €, ISBN-10: 1541619714, ISBN-13: 978-1541619715.

Tim Palmer, físico matemático de formación, es bien conocido por su actividad en el Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio (CEPPM). La mayor parte de su carrera como investigador se ha centrado en temas de dinámica y predecibilidad del tiempo y del clima. Aunque su carrera científica se centró inicialmente en temas relacionados con la unificación de la teoría general de la relatividad y la mecánica cuántica siguiendo los consejos de Dennis Sciama (su supervisor de tesis doctoral que a su vez obtuvo su doctorado supervisado por Paul Dirac) y todo apuntaba a qué se integraría tras completar su tesis doctoral en el grupo que dirigía Stephen Hawking en la Universidad de Cambridge, cuando su carrera dio un brusco giro de guion cuando consiguió un trabajo como investigador en el Servicio Meteorológico del Reino Unido y desde 1986 en el CEPPM. Ha sido pionero en el desarrollo de técnicas probabilísticas tanto para la predicción del tiempo como del clima. Estas técnicas constituyen actualmente un estándar en la predicción meteorológica y climática operativa en todo el mundo y son fundamentales para la toma de decisiones fiables en diversos tipos de aplicaciones. Junto con Michael McIntire hizo contribuciones esenciales sobre la ruptura de ondas en la estratosfera. También contribuyó al desarrollo de una parametrización de las ondas gravitatorias de pequeña escala en la atmósfera. Fue uno de los primeros en proponer el desarrollo de modelos de predicción meteorológica y climática unificados o "sin costuras". Desde 2010 Palmer es catedrático de Física del Clima en la Universidad de Oxford. A partir de 2016, la investigación de Palmer se centra en el desarrollo de parametrizaciones estocásticas para modelos meteorológicos y climáticos y la aplicación de técnicas de computación inexacta para desarrollar modelos climáticos de ultra alta resolución. Palmer ha sido un firme defensor de combinar

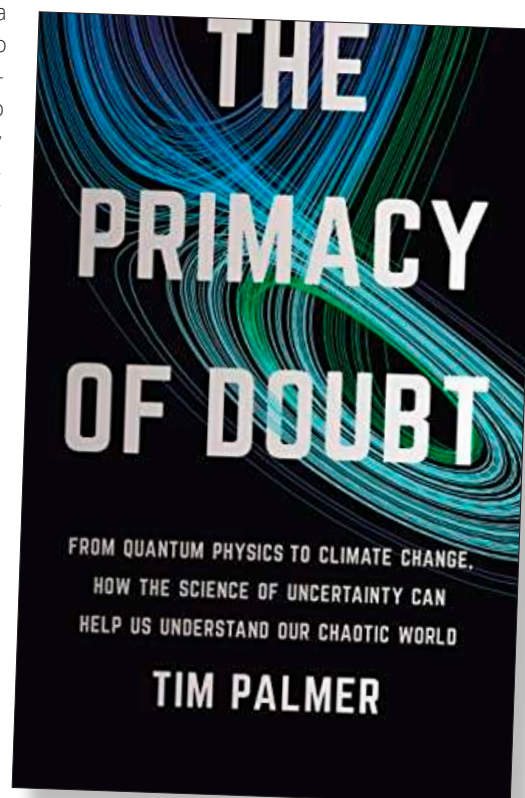
internacionalmente los recursos humanos e informáticos para desarrollar sistemas fiables de predicción del clima. Permanece activo en el área de la física fundamental, promoviendo el denominado postulado del "Conjunto Cosmológico Invariante" que se refiere a la posible relación entre la geometría fractal y la mecánica cuántica y, en particular, a la hipótesis de que

Organización Meteorológica Internacional, predecesora de la OMM.

La incertidumbre es una parte esencial de la condición humana y del mundo físico que nos rodea. Las decisiones que continuamente tomamos, y que afectan siempre a nuestra vida diaria, están afectadas por un contexto de incertidumbre. Igualmente, la incertidumbre constituye un elemento esencial, según la mecánica cuántica, de la vida de las partículas elementales que nos conforman tanto a nosotros como al mundo que nos rodea. En consecuencia y dada la ubicuidad de la incertidumbre, este libro se articula alrededor de dos vertientes de la incertidumbre que intenta presentar de una manera unificada: la predicción y la comprensión de nuestro mundo incierto.

El libro está estructurado en tres partes. En la primera parte se presentan las bases de la ciencia de la incertidumbre, incluyendo el caos, su particular geometría, la turbulencia, el papel del ruido frente a las señales y por último el papel de la incertidumbre en la mecánica cuántica. La segunda parte trata sobre la predicción en nuestro mundo caótico, incluyendo los métodos de Monte Carlo presentados como un atajo para evitar cálculos largos y tediosos, su aplicación en la predicción del tiempo y del clima. La aplicación de métodos similares para estimar la propagación de la pandemia de COVID-19 y predecir los colapsos financieros y los grandes conflictos internacionales.

Finalmente, desarrolla la propuesta de desarrollar copias digitales de la Tierra que incluyan no solamente los aspectos físicos de la misma, sino también modelos sociológicos, económicos, etc. que nos permitan tomar decisiones con herramientas que incluyan todas las posibles fuentes de incertidumbres. La última parte, que es la más especulativa, se centra en entender nuestro universo caótico y nuestro lugar en él. Comienza esta parte suponiendo que la geometría del caos se puede aplicar al universo en



la primera puede ayudar a resolver algunos de los desafíos planteados por la segunda. El profesor Tim Palmer ha recibido multitud de galardones y premios entre ellos el máximo galardón de la Organización Meteorológica Mundial, el premio OMI, en su edición de 2023 por su destacada contribución a la meteorología y, en particular, por su papel en el desarrollo de métodos de predicción probabilística por conjuntos para pronosticar en todas las escalas de tiempo. El Premio OMI tiene su origen en la

su totalidad. Propone también la idea de que el cerebro humano hace un uso constructivo del ruido para modelar el mundo que nos rodea y este hecho nos ha permitido convertirnos en la especie creativa que somos. Por último, el autor especula -y esta es quizás la parte más controvertida y opinable del libro- sobre que la geometría del caos puede ayudar a explicar dos de nuestras más desconcertantes experiencias: el libre albedrío y la propia consciencia.

Se retrotrae Palmer para analizar históricamente la aparición del estudio del caos en física al problema de los tres cuerpos y a la búsqueda de una fórmula que permitiese su descripción. Este problema había obsesionado tanto a la comunidad científica que incluso el rey Óscar II de Suecia para celebrar su 60º cumpleaños en 1889 ofreció un premio a quién encontrase la mencionada fórmula. El físico y matemático francés Henri Poincaré demostró que cuando se trata de tres o más cuerpos no existe una fórmula que describa las órbitas de los cuerpos para periodos arbitrariamente largos de tiempo. Como consecuencia de este resultado, se concluyó que las órbitas de tres cuerpos son no periódicas y por lo tanto el movimiento de los planetas en el sistema solar son en último término impredecibles. Tras el fallecimiento de Poincaré, el matemático George Birkhoff de la universidad de Harvard asumió el papel de principal experto en el problema de los n cuerpos. Años después Ed Lorenz trabajaría con Birkhoff si bien no en este problema sino en temas de geometría riemanniana. La guerra llevó a Lorenz a aparcarse estos estudios y a formarse como meteorólogo prestando sus servicios en el frente del Pacífico. Tras la guerra realizó una tesis doctoral, y continuó trabajando después, en el nuevo campo de los modelos numéricos basados en física para la predicción del tiempo. Consiguió más tarde una plaza permanente en el MIT y entre sus responsabilidades figuró dirigir un grupo de investigadores que exploraba las posibilidades de predecir el tiempo con un alcance de un mes e incluso más tiempo. Trabajando en estos temas con versiones simplificadas de las ecuaciones y ayudado por cierta serendipia -aunque no debe olvidarse su familiarización con los trabajos de Birkhoff, si bien él mismo reconoció no estar familiarizado con los de Poincaré- descubrió en 1963 la geometría fractal del caos. El gran valor del descubrimiento de Lorenz no fue tanto la extrema dependencia de las condiciones iniciales -el efecto mariposa, en definitiva-, que ya estaba implícito en los trabajos de Poincaré, sino el descubrimiento de los atractores anómalos y la geometría fractal del caos. Los atractores poseen una geometría

compleja que tienen dimensiones que no son necesariamente números naturales.

A continuación, se explican en el libro cómo las ideas desarrolladas sobre caos y sistemas complejos pueden aplicarse para desarrollar herramientas prácticas para predecir sistemas caóticos. Comienza con el método de Monte Carlo desarrollado por el matemático polaco Stanislaw Ulam durante su participación en el proyecto Manhattan para realizar cálculos relacionados con la difusión del hidrógeno en los que intervienen variables probabilísticas. Chuck Leith fue el primero que propuso en 1974 utilizarlo para realizar predicciones meteorológicas basándose en un conjunto de predicciones que partiesen de condiciones iniciales ligeramente diferentes. En 1992 el CEPPM, bajo la dirección del mismo Palmer, puso en operación un sistema de predicción por conjuntos (*ensembles*, en inglés) basado en las ideas del método de Monte Carlo, pero en el que no se exploraban todas las posibilidades de condiciones iniciales sino aquellas que eran más inestables. En los siguientes 30 años ha convivido la predicción determinista y la predicción probabilística basada en conjuntos. Finalmente, en 2023 el CEPPM generará exclusivamente un sistema probabilístico basado en predicción por conjuntos, pasando a ser la predicción determinista una curiosidad histórica. Estas mismas ideas desarrolladas para un sistema complejo y caótico como es la atmósfera se proponen, se explican y, en mayor o menor medida, se han aplicado, para estimar la evolución del sistema climático, la pasada pandemia de COVID-19 y las posibles futuras pandemias, las crisis financieras y los grandes conflictos internacionales. Termina esta parte con la aplicación de los sistemas de predicción por conjuntos para tomar decisiones basándose en el coste de aplicar acciones y las pérdidas económicas asociadas a la no actuación.

Palmer explica y desarrolla su propia teoría del conjunto cosmológico invariante para superar el indeterminismo e incertidumbre asociado a la teoría cuántica -ilustrado con los experimentos de dos rendijas- postulando que la totalidad del universo es un sistema dinámico no lineal sobre algún atractor fractal en un espacio de estado cosmológico de tal forma que las leyes de la física en su nivel más profundo describen la geometría de un conjunto fractal invariante en el espacio de estado cosmológico. La teoría es novedosa y se aparta de la actual teoría cuántica, si bien como el mismo autor reconoce precisa todavía de una confirmación experimental de la que actualmente carece. Se plantea en el libro que la principal limitación

de los actuales modelos utilizados para la predicción del tiempo y del clima está relacionada con su *hardware* de carácter determinista que consume una gran cantidad de energía eléctrica. Propone el autor que las futuras generaciones de modelos que describen los sistemas caóticos utilicen procesadores cuánticos no deterministas con capacidad de redondeo estocástico y con un menor consumo de energía. La mayor parte de la energía de los actuales superordenadores se utiliza para mover bits de información dentro del ordenador. Si se pudiese condensar la información contenida actualmente en paquetes de 64 bits en paquetes de 16 bits sin perder precisión, y esto se puede hacer añadiendo un redondeo estocástico, se podría mejorar sustancialmente la resolución y la complejidad de los modelos sin la limitación de energía eléctrica que tienen la actual generación de ordenadores. Esta forma constructiva del uso del ruido está también en la base del funcionamiento de nuestro cerebro, al que describe con dos formas de funcionamiento que pueden equipararse a los procesadores convencionales de tipo de determinista con alto consumo de energía y a los procesadores cuánticos no deterministas con bajo consumo de energía. De hecho en el correspondiente capítulo describe Palmer al cerebro como un órgano eficiente energéticamente hablando que hace un uso constructivo del ruido al igual que los procesadores cuánticos. Se plantean diversas propuestas basadas en el funcionamiento del cerebro para progresar en la descripción, comprensión y predicción de los sistemas complejos. Finalmente, desarrolla Palmer un capítulo altamente especulativo y sugerente para discutir cuestiones relacionadas con la interpretación de cuestiones filosóficas como el libre albedrío, la conciencia o incluso la espiritualidad en el marco de su formulación del universo como un conjunto fractal invariante en el espacio de estado cosmológico sujeto a la geometría fractal.

La experiencia y el conocimiento por parte de Palmer de campos tan distantes como la gravedad cuántica y la modelización climática le permiten realizar un fascinante repaso del papel de la incertidumbre en física y en otros campos deteniéndose en muchos de sus variados aspectos. El libro plantea propuestas y especulaciones basadas en las relaciones entre diferentes ciencias y la fertilización cruzada en ellas. Creo que es un libro muy recomendable que tiene una parte de autobiografía científica, así como una visión unificadora de la física a través de la incertidumbre.

ERNESTO RODRÍGUEZ CAMINO

antropOcéano.

Cuidar los mares para salvar la vida

CRISTINA ROMERA CASTILLO

EDITORIAL ESPASA CALPE, 2022, 256 PÁGINAS. 19.90 EUROS, ISBN: 978-84-670-6585-5

La autora, Cristina Romera Castillo (Jaén, 1982), es licenciada en Química y doctora en Ciencias del Mar. Actualmente es investigadora en el Instituto de Ciencias del Mar (ICM) del CSIC, en Barcelona. Su labor como oceanógrafa se ha centrado en el ciclo de carbono oceánico y en el impacto de los microplásticos en el clima y en los ecosistemas marinos y cómo las bacterias podrían ayudar en su degradación. Ha recibido numerosos premios nacionales e internacionales por su trabajo, entre otros, el *Women in Science* 2019 y el *International Rising Talents* 2022, otorgados por la fundación L'Oréal-Unesco de París, así como el *Raymond L. Limdeman Award* 2020 de la Association for the Sciences of Limnology and Oceanography.

Como puede leerse en la contraportada del libro, es un libro imprescindible sobre nuestros mares y el futuro del planeta, escrito sin catastrofismos y enfocado en proponer soluciones para preservarlos. AntropOcéano es el mar de nuestra era, un mar en el que la especie humana está dejando su huella. Nuestra forma de vivir repercute en el océano, pero lo que le afecta nos afecta también a todos.

Se trata de una obra apasionante, rigurosa y accesible al lector profano. A través de historias reales, gráficos muy ilustrativos y basándose en los estudios científicos más punteros, Cristina Romera nos pone en contexto y nos muestra los problemas del mar, qué los ha provocado y las acciones positivas que se están llevando a cabo para remediarlos. Nos desvela también cómo podemos contribuir con nuestras acciones individuales. No sólo es posible revertir algunos de los errores medioambientales que hemos cometido, sino que podemos conseguir que el océano se convierta en un gran aliado para mitigar los efectos del cambio climático. Como insistirá en repetidas ocasiones, es hora de despertar y actuar.

La obra se estructura en: introducción, trece capítulos con títulos cortos y sugestivos ("Cómo un grado te puede cambiar la vida", "Patitos de goma", "La pieza de Lego", "Rayuela", "Océano integral", "Zonas muertas", "La cámara ignífuga", "Qué alimentos marinos son más sostenibles", "Cómo pescar más sin pescar", "Océano de plástico", "Ruido de fondo", "Errores medioambientales que se han corregido", "Despertar"), bibliografía y agradecimientos.

La introducción tiene un subtítulo muy ilustrativo, "¿Qué me importa a mí el mar si soy de tierra adentro?" y el esbozo de una ola. Es una

introducción intimista, que intenta implicar al lector, donde una persona de tierra adentro confiesa que no recuerda cuándo fue la primera vez que vio el mar porque iba cada verano desde que nació. En aquella época, todavía no sabía la repercusión que tenía el océano en su vida, aun viviendo lejos de él.

El ciclo de carbono ha estado en equilibrio durante millones de años pero desde la Revolución Industrial se ha descompensado. El océano retira de la atmósfera el exceso de dióxido de carbono que estamos lanzando a la atmósfera al quemar combustibles fósiles. En el libro se analiza cómo lo hace y cómo almacena ese carbono en sus profundidades durante cientos de años. Ahora bien, el hecho de que el océano ayude a mitigar los efectos del cambio climático absorbiendo calor y buena parte de las emisiones que lanzamos a la atmósfera tiene un coste para el ecosistema marino y ha dado lugar a unos de sus problemas más graves: la acidificación y el calentamiento. Además de eso, el océano se enfrenta a otros problemas –no menores– como la contaminación (p.ej., por plásticos) y la sobrepesca. Por todo esto, "el océano no solo tiene una repercusión inmensa en nuestras vidas sino que nosotros también la tenemos en él. Y lo que le afecta nos afecta a nosotros".

El agua de mar es ligeramente básica, con un pH de aproximadamente 8.1, cerca de la superficie. Las emisiones de CO₂ desde la Revolución Industrial han disminuido el pH del agua una media de 0.1 unidades. Esta disminución de pH significa que el agua se ha vuelto un 26 % más ácida. Si continuamos como hasta ahora, el pH del agua superficial caerá a 7.8 en 2100 y el agua será un 150 % más ácida que antes de la Revolución Industrial. La bajada de pH no es homogénea y la disminución en algunos lugares será mayor que en otros. Se prevé que el descenso sea mayor en las latitudes altas que en las tropicales, pero las consecuencias serán las mismas: malformaciones para los organismos marinos con caparazones.

Uno de los apartados más instructivos es el relativo a los corales y su blanqueamiento. Los corales están formados por cientos de animales, llamados pólipos, incrustados en el esqueleto de coral, que es de carbonato cálcico. Todos juntos, pólipos y esqueletos, constituyen el coral que es un animal. Los corales tienen un registro de edad en sus esqueletos de carbonato cálcico, como sucede con los anillos de los árboles o los otolitos de los peces óseos. Muchos corales,

sobre todo los tropicales, viven en simbiosis con unas algas unicelulares llamadas zooxantelas. Estas proporcionan a los pólipos, el oxígeno y los azúcares que obtienen de la fotosíntesis. A cambio, el coral les aporta nutrientes.

Por otro lado, la simbiosis entre las zooxantelas y el coral es muy sensible a la temperatura. Si esta sube 1 o 2 °C, los corales expulsan a las zooxantelas, pierden el color y se vuelven blancos. No está claro por qué las expulsan. También se ha visto que cuando aumenta la temperatura, algunos corales sueltan unas zooxantelas para coger otras que son más resistentes a la temperatura. Lo que sí se sabe es que el proceso es reversible, y que si la temperatura no tarda mucho tiempo en volver a la normalidad, los corales pueden volver a captar las zooxantelas y recuperar su color. En el caso de las olas de calor marinas que duran unos cuantos días, los corales pueden recuperarse, pero si la subida de la temperatura es más prolongada en el tiempo, el proceso será irreversible.

El blanqueamiento del coral, producido por el aumento de la temperatura del mar, está causando la muerte de multitud de arrecifes. Los peces y demás organismos que habitan estos arrecifes los abandonan y mueren. Se cita a David Obura, el líder del Grupo de Conservación del Coral de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, que manifestó: "Los recién nacidos hoy pueden ser la última generación en ver los arrecifes de coral (...), a menos que hagamos algo para limitar el calentamiento a 1,5 °C, perderemos el 99 % de los arrecifes de coral del mundo".

Como nos recuerda la autora, tendemos a olvidar que aunque los ecosistemas marinos están sufriendo tanto como los terrestres, no somos conscientes de sus problemas. Cuando hay blanqueamiento de coral debido a las olas de calor marino, no suele aparecer en los medios de comunicación, pasa desapercibido salvo si trabajas en ello. Por el contrario, cuando hay un incendio en un bosque todo el mundo está al tanto. Insiste en la necesidad de dar más visibilidad a los problemas del océano porque la ignorancia conduce a su desprotección. Se tiende a ignorar, además, que hay ecosistemas del océano que tienen vegetación y almacenan por hectárea hasta diez veces más carbono que los ecosistemas terrestres; son los manglares, las praderas marinas y las marismas. No se sabe si al eliminarlos se elimina también la función de captación del carbono que hace el océano.

El aumento de temperatura del agua del mar tiene un efecto muy importante en la circulación oceánica (expuesta en el capítulo 2). Otro problema que está teniendo el océano debido al calentamiento global, y que la autora ha considerado que merecía un capítulo aparte, concierne a las zonas donde se acaba el oxígeno, donde “el mar se asfixia”.

El oxígeno no solo es imprescindible para la vida fuera del agua sino también para la que late en su seno. Aparte de la atmósfera, el oxígeno se produce in situ en el mismo mar por el fitoplancton y las cianobacterias cuando realizan la fotosíntesis en las zonas donde llega la luz. Hay zonas muertas y moribundas. Las zonas del océano con poco oxígeno se están expandiendo como consecuencia del calentamiento global producido por las emisiones de CO₂. Se prevé que para 2100 se habrán perdido entre un 3 % y un 4 %, la mayor parte en los primeros 1000 metros de la columna de agua. Esto dañará a la pesca y causará muchas pérdidas económicas.

El calentamiento global afecta a la reducción de oxígeno debido a varias causas. Las principales son la variación de la circulación oceánica y la estratificación. La circulación oceánica lleva oxígeno de las zonas superficiales a las más profundas, pero el calentamiento está produciendo cambios en esta circulación, ralentizándola y provocando que el agua se mezcle menos en algunas zonas y no llegue tanto oxígeno a las profundidades. La estratificación impide que las aguas se mezclen y que la de superficie rica en oxígeno se junte con las de abajo y que el oxígeno pase a las profundidades. Por último, las reacciones enzimáticas se aceleran a altas temperaturas, lo que lleva a un mayor consumo de oxígeno por parte de los organismos. La degradación de la materia orgánica se acelera también con altas temperaturas. Estos factores se combinan a veces con otro, que también produce el agotamiento del oxígeno: la eutrofización que sucede cuando una masa de agua recibe importantes cantidades de nutrientes inorgánicos, fundamentalmente fósforo (P) y nitrógeno (N).

Otro capítulo clave es la contaminación por plástico, uno de los problemas más visibles del océano, y sus posibles alternativas y soluciones. Todavía no se conocen demasiado bien los efectos que tienen en nuestra salud. En muchos animales, se ha observado que el plástico lo tienen alojado en el estómago y en algunos casos puede llegar a otros órganos o tejidos. Ahora bien, un hecho preocupante son los compuestos químicos que lleva el plástico, ya que se le añaden gran cantidad de aditivos para que dure más. Estos aditivos se liberan fácilmente en el agua de mar. Muchos de estos compuestos químicos son disruptores endocri-

nos y otros carcinogénicos; habiéndose detectado un efecto en la salud de los organismos marinos. Otro contaminante preocupante es el mercurio, presente en todos los animales marinos. Una vez en el agua, los microorganismos lo convierten en metilmercurio que es el compuesto que se acumula en los animales marinos y que es tóxico en altas concentraciones. Por último, se trata otro contaminante del mar mucho menos visible y desconocido, pero que está haciendo bastante daño: el ruido.

Las áreas marinas protegidas son zonas del océano donde se han prohibido las actividades pesqueras y extractivas, existiendo distintos grados de protección. La creación de estas áreas, claves por su protección de la biodiversidad y que se aborda en el capítulo 9, constituye una forma de salvaguardar las poblaciones de peces. En temas de acuicultura se están proponiendo métodos más sostenibles. En el sudeste asiático se eliminaron muchas zonas de manglares - grandes captadores de carbono - pero ahora se están restaurando al haberse comprobado que económicamente resultaba mejor mantenerlos. Las praderas marinas también se pueden restaurar, aunque sea más difícil. En suma, hay que seguir restaurando los ecosistemas pero sin olvidar la reducción de las emisiones porque no sirve de nada plantar árboles o conservar ecosistemas si seguimos lanzando tantas emisiones que colapsamos a los ecosistemas que no dan abasto.



Las áreas protegidas no son abundantes. Un 15 % de los hábitats terrestres lo están frente a un 7 % del océano, y solo un 2.7 % de forma estricta (están prohibidas la pesca, la navegación y cualquier actividad extractiva). Con-

seguir esa protección no es una tarea fácil porque impedir la pesca en una zona donde se ha pescado toda la vida y hay muchas familias que viven de eso genera infinidad de problemas y mucha oposición. Mucha gente dedicada al sector pesquero teme que se pierdan sus puestos de trabajo. Sin embargo, los datos científicos y económicos han demostrado que si se gestionan de forma adecuada, mejoran las capturas y, en consecuencia, la producción económica.

Las áreas protegidas también secuestran más carbono, por lo que contribuyen a mitigar los efectos del cambio climático. Curiosamente, la mayor migración del planeta, el mayor movimiento de biomasa, ocurre cada noche en el océano y lo llevan a cabo millones de organismos microscópicos, como los copépodos, una especie de gamba diminuta. En 2020 se publicó una investigación de la expedición Malaspina en la que se utilizó un instrumento tipo ecosonda que podía llegar hasta los 4000 metros de profundidad. Se pudo apreciar que en las zonas donde había más fitoplancton en la superficie eran aquellas en las que más organismos (biomasa) había debajo en las profundidades.

De otra forma, la principal fuente de alimento de la fauna de las profundidades es la materia orgánica producida en aguas superficiales y llevada al fondo por los organismos que migran verticalmente. Es la bomba biológica tratada en el capítulo 3, que constituye otra forma de secuestro de carbono que inicialmente era CO₂ cuando lo tomó un alga de fitoplancton en superficie y acabó en forma orgánica en las profundidades del océano.

No me he podido resistir a incluir en esta reseña, la curiosa y sorprendente página 175 - capítulo 9 “Cómo pescar más sin pescar”, página titulada “Beben y beben y vuelven a beber”. La autora nos comenta que probablemente este villancico popular no lo escribió ningún científico marino o limnólogo, ya que si los peces del río se ponen a beber, podrían explotar. Así, aprendemos que los peces del río no necesitan beber. Es más, tienen que expulsar esa cantidad de agua que les entra y por eso, orinan mucho. También tienen sistemas para ser lo más impermeables posible. Por el contrario, los peces marinos se pueden hartar a beber porque deben ingerir mucha agua de mar para osmoregular y no deshidratarse. Eso es porque sus fluidos internos tienen menos concentración de sal que la que hay en el agua del mar. El exceso de sales que ingieren lo eliminan a través de las branquias y una pequeña cantidad de orina.

Varios estudios han concluido que se debería proteger como mínimo el 30 % de océano para salvaguardar los ecosistemas marinos a largo plazo. Uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible que la Asamblea General de las Na-

→ ciones Unidas adoptó en 2015 fue "Conservar y utilizar de forma sostenible los océanos, mares y recursos marinos para lograr el desarrollo sostenible". Pero cuidado, si se quieren conseguir beneficios salvaguardando zonas del océano hay que saber implementar y gestionar las áreas marinas protegidas. Se ha visto que la creación de áreas marinas protegidas puede preservar las poblaciones de peces, ayudar a recuperar aquellas que están sobreexplotadas, enfatizándose la necesidad de mantener la biodiversidad de los ecosistemas. No obstante, ese no es el único problema que está afrontando el antropocéano. Paralelamente a todo esto, como ya hemos expuesto en párrafos anteriores, sufre otros problemas causados por contaminación química, por plásticos e incluso por ruido.

A lo largo del libro, hemos aprendido que existen muchos fenómenos naturales que todavía no se han esclarecido completamente. Misterios como en el caso de los peces óseos que tienen escondido en su oído un huesecillo calcáreo que indica su edad y que se conoce como otolito. En una serie de peces estudiados, los otolitos son sorprendentemente más grandes y más densos con la acidificación. También hemos visto cómo es posible mejorar el estado de salud del océano y cómo este puede contribuir hasta en un 21 % a la mitigación necesaria para mantener la temperatura global por debajo de 1.5 °C. Los datos presentados aquí están basados en informes de administraciones oficiales y artículos científicos, algunos tan recientes, que la autora añadió poco antes de la edición del libro.

Se habla de salvar al planeta pero si queremos que nuestra especie siga aquí manteniendo un bienestar lo más parecido al que disfrutamos ahora, se hace necesario proteger los recursos naturales, situación que pasa por modificar ciertos hábitos, reducir el consumo y buscar alternativas sostenibles.

Se ha mostrado igualmente que es posible revertir muchos de los problemas que hemos creado en el océano, a condición de actuar sin demora, para que no se vuelvan irreversibles. Los problemas que están desajustando el equilibrio del ecosistema marino son provocados de forma gradual por la acción humana. Tendríamos que tener siempre presente la conexión entre el océano y clima y, bajo esa perspectiva, las medidas para paliar el cambio climático implican resolver muchos problemas del océano que, a su vez, ayuda a atenuar el calentamiento global. Todos los ejemplos tratados en el capítulo 12 se refieren a daños medioambientales y a la salud pública. Suele haber un denominador común: científicos advirtiendo -sin descanso- del problema, empresarios con intereses que no les hacen caso y gobiernos que tardan demasiado en reaccionar.

Como puntualiza Cristina Romera, hemos llegado a un punto de no retorno en ciertos aspectos como el hecho de que, aunque dejáramos de emitir CO₂ ahora mismo, una buena parte (15 % -40 %) del que ya hemos emitido desde la Revolución Industrial quedará en la atmósfera durante más de 1000 años. Por otra parte, la temperatura de la Tierra ha aumentado 1 °C. Estos dos hechos son irreversibles en el plazo de varias generaciones y tienen consecuencias que ya se están notando. Si nos plantamos ahora y adoptamos medidas para dejar de emitir, las consecuencias serán menos graves que si continuamos como hasta ahora. Resulta vital ser conscientes de que, si tardamos mucho en reaccionar, muchos de los efectos del calentamiento global y de las dificultades que afronta el océano serán irreversibles. No se dejan en el tintero las iniciativas individuales y, a lo largo de este libro, se enumeran algunas. Así, se discutirán los pescados más sostenibles, la acuicultura, etc., analizando siempre los pros y los contras. Tema muy controvertido porque intervienen muchos factores e intereses. Se reservará igualmente un espacio para exponer cómo es posible aumentar la pesca con beneficios económicos, ecológicos, y sociales, a través de algo que *a priori* parece contradictorio; la protección de ciertas zonas del océano incluyendo la prohibición de pescar. Es decir, producir más pesca prohibiendo la pesca.

Reflexionando sobre los motivos que hay detrás de nuestra falta de acción ante los problemas medioambientales, la autora cita varios. A nivel individual, mucha gente se desanima porque creen que sus acciones de forma aislada no tienen apenas repercusión y que, en última instancia, todo está en manos de gobiernos y multinacionales. Pero como puntualiza Cristina Romera, no es exactamente así, porque somos los sujetos individuales quienes votamos. Por otro lado, no hay que desdeñar el impacto de la suma de las acciones individuales. Otro motivo es que la velocidad a la que suceden los cambios en el clima y el océano juega en contra.

Aunque sea lento, quizá hayamos subestimado el tiempo de reacción de nuestro planeta porque pensábamos que no percibiríamos estos cambios, pero los estamos viendo ya, mucho antes de lo esperado. Cada año se baten récords de temperaturas máximas, especialmente acusados en lugares como el Ártico. También hay más huracanes, lluvias torrenciales e incendios. Y hay desplazados climáticos en muchas zonas del planeta porque los lugares en los que vivían se han vuelto inhabitables. Todas estas señales son alertas de que la situación que vivimos es muy seria.

Una desventaja que presenta el océano a la hora de que la población preste atención a sus

problemas es que muchos de estos quedan invisibilizados bajo su superficie. Como se ha comprobado, en el mar hay cada vez más plástico y menos peces, pero no es tan fácil verlo. Durante muchos años se ha usado como vertedero, aunque hoy sabemos que lo que arrojamamos al océano no desaparece. Hemos ignorado la existencia de este vertedero, pero ya hay tanta basura que salta a la vista. Por otra parte, la ciencia y la tecnología actuales permiten explorar sus profundidades y descubrir lo que antes era invisible. Cuando la autora piensa en el océano usado como vertedero, no puede evitar aludir a otro vertedero: el espacio exterior. Miles de toneladas de basura espacial que orbitan alrededor de la Tierra y que serán una fuente de preocupación para nuestra especie.

Otro motivo que puede justificar la falta de acción ante los problemas medioambientales es la creencia de que el coste económico que pagaríamos ahora sería muy elevado. Sin embargo, se ha comprobado que los costes económicos de la falta de protección del océano y de la naturaleza son, en general, mayores que los necesarios para su protección. Es decir, a largo plazo, la inacción resultará mucho más cara que las acciones emprendidas para su cuidado. Otra razón importante por la cual no se actúa es la falta de conciencia medioambiental debido a la desconexión que tenemos hoy con la naturaleza. A este respecto, se incluye el testimonio de la botánica y profesora Robin Wall Kimmerer, descendiente de indios americanos; que refiere que uno de los conocimientos que se transmitía de generación en generación, y que ahora se está perdiendo, es el de tomar de la naturaleza solo lo que necesites y nunca más de la mitad de lo que hay; "Parece una obviedad, pero aun así, no lo ponemos en práctica. Y el incumplimiento de este mandamiento básico nos puede abocar al suicidio ecológico". Si hay muchas personas desconectadas de la naturaleza, todavía hay más desconectadas del océano.

En suma, un libro que te hace reflexionar. Nos muestra la importancia de la conservación del océano, pieza fundamental del equilibrio en nuestro planeta y un elemento clave para mantener a raya los efectos del cambio climático. Para acabar, nada mejor que las palabras de la autora: "Espero que este libro te haya ayudado a conocer más sobre el mar y a conectar con él. A ver cuán importante es en tu vida, incluso si vives lejos de él [...] Que haya despertado una chispa que te impulse a hacer algo para protegerlo. Y que la palabra *antropocéano* tenga una connotación positiva. Hemos visto que aún estamos a tiempo de solucionar los problemas que amenazan el océano aunque no podamos demorarlo más."

MARÍA ASUNCIÓN PASTOR SAAVEDRA